

**EFEKTIVITAS EKSTRAK KULIT BUAH MAJA SEBAGAI INHIBITOR  
PADA BAJA KARBON AISI 1020 DALAM MEDIUM KOROSIF  
NaCl 3% DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Ismi Nurhayati**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## ABSTRAK

### EFEKTIVITAS EKSTRAK KULIT BUAH MAJA SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA KARBON AISI 1020 DALAM MEDIUM KOROSIF NaCl 3% DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN

Oleh

ISMI NURHAYATI

**Abstrak.** Telah dilakukan penelitian tentang efektivitas ekstrak kulit buah maja sebagai inhibitor pada baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3% dengan variasi waktu perendaman. Sampel baja karbon AISI 1020 direndam dalam medium korosif NaCl 3% tanpa diberi dan dengan diberi inhibitor ekstrak kulit buah maja dengan konsentrasi 0,8% selama 5, 15, 25, 35, dan 45 hari. Perhitungan penurunan laju korosi dilakukan dengan metode kehilangan berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan inhibitor ekstrak kulit buah maja efektif dalam menurunkan laju korosi sampel dengan efisiensi terbesar pada perendaman selama 35 hari, yaitu sebesar 72,6%. Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk adalah Fe murni dan pada sampel yang direndam tanpa inhibitor muncul juga fasa  $Fe_3O_4$  yang merupakan produk korosi. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan mikro struktur permukaan sampel setelah direndam yaitu terdapat retakan, lubang, dan gumpalan yang mengindikasikan bahwa sampel telah mengalami korosi. Hasil karakterisasi EDS menunjukkan bahwa pada sampel yang telah direndam terdapat produk korosi berbentuk senyawa Fe dan O yang besarnya semakin meningkat ditiap waktu perendaman.

**Kata kunci:** Baja karbon AISI 1020, inhibitor korosi, ekstrak kulit buah maja, NaCl, XRD, dan SEM-EDS.

## **ABSTRACT**

### ***EFFECTIVENESS OF MAJA FRUIT SKIN EXTRACT AS INHIBITOR ON CARBON STEEL AISI 1020 IN CORROSIVE MEDIUM NaCl 3% WITH IMMERSION TIME VARIATION***

***By***

**ISMI NURHAYATI**

***Abstract.*** Research has been conducted on the effectiveness of maja fruit skin extract as an inhibitor of carbon steel AISI 1020 in a corrosive medium NaCl 3% with variations in immersion time. The samples carbon steel AISI 1020 were immersed in corrosive medium NaCl 3% without being given and given the inhibitor of maja skin extract with a concentration of 0.8% for 5, 15, 25, 35, and 45 days. Calculation of reduction in corrosion rate is carried out by the method of weight loss. The results showed that the addition of the maja fruit skin extract inhibitor was effective in reducing the corrosion rate of the sample with the greatest efficiency at 35 days immersion, which was equal to 72.6%. The results of XRD characterization show that the phase formed is pure Fe and Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> phase which is a corrosion product is immersed without inhibitor. The results of SEM characterization showed that the microstructure of the surface of the sample after immersion was there were cracks, holes, and lumps which indicated that the sample had been corroded. The results of EDS characterization show that in the soaked sample there were corrosion products in the form of Fe and O compounds whose magnitude increased every time immersion.

***Key words.*** Low carbon AISI 1020, corrosion inhibition, the extract of maja skin, NaCl, XRD, and SEM-EDS.

**EFEKTIVITAS EKSTRAK KULIT BUAH MAJA SEBAGAI INHIBITOR  
PADA BAJA KARBON AISI 1020 DALAM MEDIUM KOROSIF  
NaCl 3% DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN**

**Oleh**

**ISMI NURHAYATI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

Judul Penelitian : **EFEKTIVITAS EKSTRAK KULIT BUAH MAJA SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA KARBON AISI 1020 DALAM MEDIUM KOROSIF NaCl 3% DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN**

Nama Mahasiswa : **Ismi Nurhayati**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1417041037

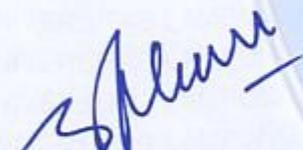
Jurusan : Fisika

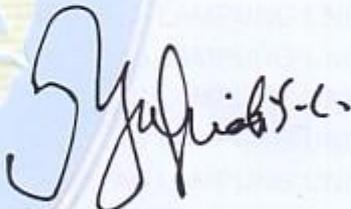
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



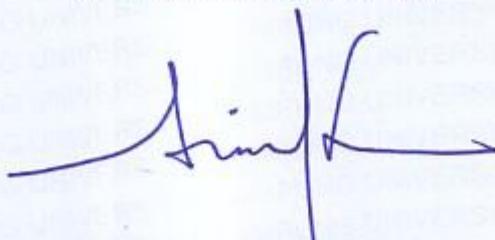
**Menyetujui,**

1. Komisi Pembimbing

  
**Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**  
NIP. 19610723 198603 1 003

  
**Drs. Syafriadi, M.Si.**  
NIP. 19610821 199203 1 002

2. Ketua Jurusan Fisika

  
**Arif Surtano, M.Si., M.Eng.**  
NIP. 19710909 200012 1 001

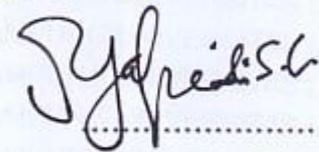
## MENGESAHKAN

### 1. Tim penguji

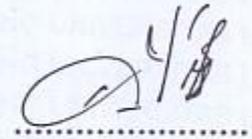
Ketua : **Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.**



Sekretaris : **Drs. Syafriadi, M.Si.**



Penguji  
Bukan pembimbing : **Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.**



### 2. a.n Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik Dan Kerjasama  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Prof. Dr. Sutopo Hadi, S.Si., M.Sc.**  
NIP. 19710415 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Januari 2019**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebut dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 14 Januari 2019



**Ismi Nurhayati**  
NPM. 1417041037

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di kota Bandar Lampung tanggal 13 Desember 1996. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Nanang Sunardi dan Ibu Nurjannah. Penulis menyelesaikan pendidikan di MI Al-Ijtihad tahun 2008, SMPN 11 Bandar Lampung pada tahun 2011, dan SMAN 6 Bandar Lampung pada tahun 2014.

Selanjutnya pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Fisika sebagai anggota bidang Sosial Dan Masyarakat (SOSMAS) dari tahun 2015-2016 dan anggota bidang Minat Dan Bakat (MINBAK) dari tahun 2016-2017. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator-Badan Tenaga Nuklir Nasional (PSTA-BATAN) Yogyakarta dengan judul “Karakterisasi Pembentukan Plasma Nitridasi Dengan Tegangan DC”. Kemudian penulis melakukan penelitian berjudul “Efektivitas Ekstrak Kulit Buah Maja Sebagai Inhibitor Pada Baja Karbon AISI 1020 Dalam Medium Korosif NaCl 3% Dengan Variasi Waktu Perendaman” sebagai tugas akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

## MOTTO

**“Jika kamu ingin merubah hidupmu dan tidak tahu darimana harus memulai, mulailah dari SHOLAT”**

*“Barang siapa yang memudahkan orang yang kesusahan, maka Allah akan memudahkannya di dunia dan akhirat”*

**“Lakukanlah sekarang. Terkadang ‘nanti’ bisa jadi ‘tak pernah’”**

*“Think as big as galaxy”*

*Aku persembahkan karya kecilku ini kepada*

**ALLAH SWT**

Kedua Orang Tuaku, yang selalu mendo'akanku, mengasihiku,  
mendukungku, menyemangatiku, dan sebagai motivator  
terbesar dalam hidupku

Kakak-kakakku serta keluarga besar yang menjadi  
penyemangatku

Sahabat dan teman seperjuangan Angkatan '14

Almamater Tercinta.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“EFEKTIVITAS EKSTRAK KULIT BUAH MAJA SEBAGAI INHIBITOR PADA BAJA KARBON AISI 1020 DALAM MEDIUM KOROSIF NaCl 3% DENGAN VARIASI WAKTU PERENDAMAN”**. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua. Aamiin.

Bandar Lampung, Januari 2019  
Penulis,

**Ismi Nurhayati**

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas kuasa-Nya penulis masih diberikan kesempatan untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini, terutama kepada:

1. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si., sebagai Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang mendukung dari awal sampai akhir penulisan.
2. Bapak Syafriadi, M.Si., sebagai Pembimbing II yang senantiasa sabar dalam mengoreksi skripsi dan memberikan masukan-masukan serta nasehat untuk menyelesaikan skripsi ini dari awal sampai akhir penulisan.
3. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D., sebagai Penguji yang telah mengoreksi kekurangan, memberi kritik dan saran selama penulisan skripsi.
4. Kedua orangtuaku Bapak Nanang Sunardi dan Ibu Nurjannah, Kakak Zainal Arifin, Tete Nunung Fiddina Sari, Aa' Yedi Setiadi, dan seluruh keluarga besarku yang luar biasa selalu menyemangatiku. Terimakasih untuk kehadirannya dalam hidupku yang senantiasa memberikan dukungan, do'a dan semangat yang luar biasa, serta kebersamaan sampai penulis menyelesaikan skripsi.

5. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., sebagai Pembimbing Akademik, yang telah memberikan bimbingan serta nasehat dari awal perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir.
6. Bapak Arif Surtono, M.Si., M.Eng., selaku Ketua Jurusan dan para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
7. Bapak Prof. Dr. Warsito, S.Si., DEA., Ph.D., selaku Dekan dan seluruh staf pegawai di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
8. Sahabat-sahabatku tersayang Rika, Riska, Ciput, Lusi, Kiky, Amil, Adel, Nola, Almh. Keke, Dike, Melin, Angel, Siti, Teh Linda, Rani, Ellen, dan teman-teman Fisika angkatan 2014 yang selama ini memberikan semangat.
9. Kakak-kakak tingkat serta adik-adik tingkat dan semua teman-teman yang pernah hadir dalam hidup penulis dan turut memberikan semangat.

Semoga Allah SWT memberikan nikmat sehat kepada kita semua. Amin.

Bandar Lampung 14 Januari 2019

Penulis,

Ismi Nurhayati

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	viii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Batasan Masalah .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	5

## II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baja Karbon Rendah .....	7
B. Korosi .....	8
C. Laju Korosi.....	12
D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi.....	13
E. Inhibitor Korosi .....	15
F. Tanin.....	17
G. Ekstrak Kulit Buah Maja sebagai Inhibitor .....	18
H. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	20
I. <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) yang dilengkapi dengan <i>Energy Dispersive Spectroscopy</i> (EDS) .....	21

## III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	24
C. Prosedur Penelitian.....	25
D. Diagram Alir Penelitian.....	28
E. Kode-kode Sampel .....	29

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Laju Korosi Baja Karbon AISI 1020 setelah Perendaman .....	30
B. Analisis XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ).....	33
C. Analisis SEM-EDS ( <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy</i> ) .....	38

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan .....	44
B. Saran .....	45

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Korosi merata .....	8
2.2. Korosi celah .....	9
2.3. Korosi sumuran .....	9
2.4. Korosi retak-tegangan .....	10
2.5. Korosi dwi logam.....	10
2.6. Korosi erosi .....	11
2.7. Korosi mikroba .....	11
2.8. Mekanisme korosi .....	12
2.9. Struktur molekul besi (III) dengan tanin.....	17
2.10. Buah Maja ( <i>Aegle marmelos (l.) Correa</i> .....	18
2.11. Difraksi sinar-X oleh bidang atom.....	20
2.12. Skema SEM.....	22
3.1. Ilustrasi sampel baja AISI 1020 .....	26
3.2. Diagram alir penelitian.....	28
4.1. Hubungan antara laju korosi baja karbon AISI 1020 terhadap waktu perendaman .....	31
4.2. Hubungan antara efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah maja 0,8% terhadap waktu perendaman .....	33
4.3. Difraktogram hasil XRD sampel yang direndam dengan inhibitor dan tanpa inhibitor selama 45 hari.....	34

4.4. Difraktogram hasil XRD sampel yang direndam menggunakan inhibitor selama 25, 35, dan 45 hari .....	36
4.5. Hasil SEM sampel (a) AT.45 (b) AI.45 dengan perbesaran 3000x.....	38
4.6. Grafik analisis hasil EDS sampel AISI 1020 tanpa inhibitor selama 45 hari .....	39
4.7. Grafik analisis hasil EDS sampel AISI 1020 dengan inhibitor selama 45 hari .....	39
4.8. Hasil SEM sampel (a) AI.25 (b) AI.35 (c) AI.45 dengan perbesaran 3000 x .....	40
4.9. Grafik analisis hasil EDS sampel AISI 1020 dengan inhibitor selama 25 hari .....	41
4.10. Grafik analisis hasil EDS sampel AISI 1020 dengan inhibitor selama 35 hari .....	42

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Konstanta laju korosi pada baja karbon .....	13
2.2. Klasifikasi tumbuhan maha.....	18
3.1. Kode sampel penelitian .....	29
4.1. Data hasil perendaman baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3% .....	30
4.2. Perbandingan hasil penelitian sampel AT.45 dengan data PCPDFWIN nomor 26-1136 dan 06-0696.....	35
4.3. Perbandingan hasil penelitian sampel AI.45 dengan data PCPDFWIN nomor 06-0696.....	35
4.4. Perbandingan hasil penelitian sampel AI.25 dengan data PCPDFWIN nomor 06-0696.....	37
4.5. Perbandingan hasil penelitian sampel AI.35 dengan data PCPDFWIN nomor 06-0696.....	37
4.6. Perbandingan hasil analisis EDS sampel AT.45 dan AI.45 .....	40
4.7. Perbandingan hasil analisis EDS sampel AI.25, AI.35, dan AI.45 .....	42

## **I. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Baja merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam bidang industri. Selain harganya lebih murah dibanding bahan yang lain, baja juga memiliki sifat yang bervariasi sehingga bentuk dan sifatnya dapat disesuaikan dengan kebutuhan (Surdia dan Saito, 1999). Baja karbon rendah adalah klasifikasi baja yang banyak digunakan untuk bahan roda gigi, mur, baut, rangka kendaraan dan juga pada perkapalan (Supriadi, 2010). Salah satu baja karbon rendah adalah baja AISI 1020 yang sering diaplikasikan pada sistem perpipaan kapal laut. Pipa-pipa ini merupakan tempat mengalirnya uap ataupun cairan yang berupa air, bahan bakar, ataupun minyak pelumas. Tekanan, temperatur dan jenis fluida yang mengalir dalam pipa dapat mengakibatkan korosi yang akhirnya mempengaruhi kekuatan dan umur pipa (Triastuti dan Purwanto, 2012).

Korosi pasti akan terjadi dan tidak dapat dihindari, tetapi bisa ditunda proses terjadinya. Hampir semua logam dan baja yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari struktur jembatan, rangka mobil, peralatan rumah tangga, alat-alat kesehatan, peralatan di lingkungan pabrik petrokimia, dan kapal-kapal laut mengalami korosi (Ali dkk., 2014). Kerusakan yang ditimbulkan akibat korosi akan sangat besar pengaruhnya terhadap kehidupan manusia. Dari segi ekonomi akan mengakibatkan tingginya biaya perawatan, dari segi keamanan

akan menyebabkan robohnya bangunan atau jembatan, dan dari segi lingkungan akan menimbulkan adanya proses pengkaratan besi yang berasal dari berbagai konstruksi sehingga dapat mencemarkan lingkungan (Trethewey dan Chamberlain, 1991).

Korosi tidak dapat dihilangkan namun dapat dicegah dengan memproteksi material dari lingkungannya. Sejauh ini, penambahan inhibitor merupakan salah satu cara yang paling efektif untuk mencegah korosi karena dalam penggunaannya memerlukan biaya relatif murah dan prosesnya sederhana. Inhibitor korosi adalah suatu zat yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan terhadap suatu logam. Jenis-jenis inhibitor menurut bahan dasarnya dapat dibagi dua yaitu inhibitor organik dan inhibitor anorganik (Wahyuni dkk., 2013).

Literatur mengenai korosi telah mencatat sejumlah penelitian tentang ekstrak tumbuhan yang memiliki sifat inhibisi korosi baja karbon rendah (*mild steel*) dalam larutan asam dan garam. Ekstrak tumbuhan yang dimaksud didapat dari bagian daun, batang, buah, ataupun akar tumbuhan. Telah dilaporkan bahwa ekstrak daun *Azadirachta indica* atau daun mimba (Okafor *et al.*, 2010), ekstrak daun dan biji *Annonasquomosa* atau srikaya (Lebrini *et al.*, 2010), ekstrak daun *Emblica officinalis* atau kemloko (Saratha *et al.*, 2010), *Citrusaurantifolia* atau jeruk nipis (Saratha *et al.*, 2009), ekstrak daun jambu biji (Ali dkk., 2014), ekstrak daun sirsak (Giri, 2016), ekstrak daun teh (Sari dkk., 2013), ekstrak ubi ungu (Nugroho, 2011), ekstrak kulit buah manggis (Turnip dkk., 2015), ekstrak daun pepaya (Handani dan Elta, 2012), ekstrak daun gambir (Irianty dan Sembiring, 2012), ekstrak daun sukun (Idris, 2016), dan ekstrak buah pinang (Wahyuni dkk.,

2013) merupakan beberapa inhibitor korosi bahan alam yang efektif mencegah pada korosi baja karbon dalam larutan asam dan garam.

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Hidayat dan Sumarji (2016) tentang pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah maja terhadap laju korosi baja karbon A53 dengan media air laut. Penelitian tersebut menggunakan konsentrasi inhibitor sebesar 0, 0,1, 0,2, 0,3, dan 0,4%. Dengan lama waktu perendaman bervariasi selama 5, 15, 25, 35, dan 45 hari. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa semakin besar konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah maja yang digunakan, maka semakin kecil laju korosi baja yang dihasilkan dan waktu optimum penggunaan ekstrak kulit buah maja sebagai inhibitor yaitu selama 35 hari. Selain itu juga telah dilakukan penelitian tentang pengaruh konsentrasi ekstrak kulit buah maja terhadap laju korosi baja karbon api 5l pada medium NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Penelitian tersebut menggunakan konsentrasi inhibitor sebesar 0, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, dan 0,8% dengan lama waktu perendaman 35 hari. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa laju korosi terendah sampel yang telah direndam dalam medium NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah pada perendaman yang diberi inhibitor sebesar 0,8%.

Pada penelitian kali ini inhibitor yang digunakan adalah inhibitor organik yang terbuat dari ekstrak kulit buah maja. Inhibitor menggunakan bahan organik ini lebih efisien dibanding inhibitor anorganik seperti asam *stearat* dan *imidazolin* karena lebih aman, mudah didapatkan, biayanya murah, bersifat *biodegradable*, dan ramah lingkungan. Baja yang digunakan adalah baja karbon AISI 1020 yang direndam dalam medium korosif NaCl 3% dengan konsentrasi inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8% dan lama waktu perendaman bervariasi selama 5,

15, 25, 35, dan 45 hari. Laju korosi pada baja dihitung menggunakan metode kehilangan berat. Sampel baja hasil korosi akan dikarakterisasi dengan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk melihat fasa pada baja, SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk melihat struktur mikro baja dan senyawa yang terkandung dalam baja setelah perendaman. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat diketahui efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah maja 0,8% dalam mengurangi laju korosi baja karbon AISI 1020 yang direndam dalam medium korosif NaCl 3% selama 5, 15, 25, 35, dan 45 hari.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8% terhadap laju korosi baja karbon AISI 1020 yang direndam dalam medium korosif NaCl 3%?
2. Bagaimana hubungan antara besar efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah maja 0,8% terhadap lama waktu perendaman baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%?
3. Bagaimana struktur mikro, fasa, dan senyawa-senyawa yang terkandung dalam baja karbon AISI 1020 setelah direndam dalam medium korosif NaCl 3% yang telah diberi inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8%?

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8% terhadap laju korosi baja karbon AISI 1020 yang direndam dalam medium korosif NaCl 3%.
2. Mengetahui hubungan antara besar efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah maja 0,8% terhadap lama waktu perendaman baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%.
3. Mengetahui struktur mikro, fasa, dan senyawa-senyawa yang terkandung dalam baja karbon AISI 1020 setelah direndam dalam medium korosif NaCl 3% yang telah diberi inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8%.

#### **D. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan adalah baja karbon AISI 1020.
2. Medium korosif yang digunakan adalah larutan NaCl dengan konsentrasi 3%.
3. Inhibitor yang digunakan adalah inhibitor yang terbuat dari ekstrak kulit buah maja dengan konsentrasi 0,8%.
4. Lama waktu perendaman baja bervariasi selama 5, 15, 25, 35, dan 45 hari.
5. Laju korosi dihitung dengan metode kehilangan berat.
6. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan XRD, SEM, dan EDS.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberi informasi mengenai pengaruh penambahan inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8% terhadap laju korosi baja karbon AISI 1020 yang direndam dalam medium korosif NaCl 3%.
2. Memberi informasi mengenai hubungan antara besar efisiensi inhibitor ekstrak kulit buah maja 0,8% terhadap lama waktu perendaman baja karbon AISI 1020 dalam medium korosif NaCl 3%.
3. Memberi informasi mengenai struktur mikro, fasa, dan senyawa-senyawa yang terkandung dalam baja karbon AISI 1020 setelah direndam dalam medium korosif NaCl 3% yang telah diberi inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8%.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah atau yang sering disebut dengan baja ringan (*mild steel*) merupakan baja dengan kandungan logam kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah biasanya diaplikasikan pada pembuatan badan mobil, pipa gedung, jembatan, pagar, dan lain-lain. Hal ini karena baja karbon rendah memiliki keuletan dan ketangguhan yang sangat tinggi, tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Selain itu, baja jenis ini juga mudah dilas (*ASM handbook*, 1993).

Baja AISI 1020 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah yang setara dengan baja DIN CK22.C22, JIS S20C. Menurut standar AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan DIN CK22.C22, baja AISI 1020 mempunyai komposisi kimia 0,20-0,30% C, 0,15-0,35% Si, 0,50-0,70% Mn, 0,035% P, 0,035% S, 1,40-1,70% Ni, 0,90-1,40% Cr, dan 0,20-0,30% Mo. Baja AISI 1020 secara luas mudah tersedia sebagai gir, tabung, dan kawat las. Aplikasi yang umum dari baja AISI 1020 adalah baut, sekrup, roda gigi, batang piston untuk mesin, dan roda pendaratan pesawat terbang (*ASM handbook*, 1993). Selain itu, baja AISI 1020 juga diaplikasikan pada sistem perpipaan kapal laut (Triastuti dan Purwanto, 2012).

## B. Korosi

Korosi merupakan suatu kerusakan yang dihasilkan dari reaksi kimia antara sebuah logam paduan dalam suatu lingkungan. Hasil dari reaksi korosi ini, suatu material atau logam akan mengalami perubahan (baik berupa fisik maupun kimia) sifatnya ke arah yang lebih rendah atau bisa dikatakan kemampuan dari material tersebut akan berkurang. Berdasarkan bentuk kerusakan yang dihasilkan, penyebab korosi, lingkungan tempat terjadinya korosi, maupun jenis material yang diserang, korosi terbagi menjadi beberapa macam, diantaranya adalah:

### 1. Korosi merata (*uniform corrosion*)

Bentuk dari korosi merata ditunjukkan pada Gambar 2.1.

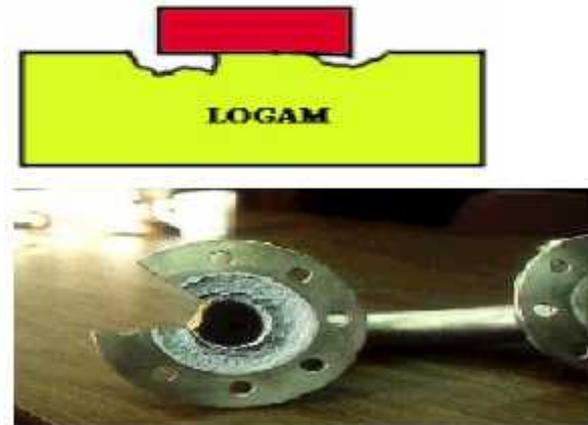


**Gambar 2.1.** Korosi merata (Priyotomo, 2008).

Berdasarkan Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa korosi merata terjadi pada permukaan logam akibat pengikisan permukaan logam secara merata sehingga ketebalan logam berkurang karena permukaan logam terkonversi oleh produk karat yang biasanya terjadi pada peralatan-peralatan terbuka, misalnya pada permukaan pipa.

### 2. Korosi celah (*crevice corrosion*)

Bentuk dari korosi celah ditunjukkan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Korosi celah (Priyotomo, 2008).

Berdasarkan Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa korosi celah terjadi pada permukaan logam secara lokal. Biasanya terjadi pada logam pasif akibat dari kerusakan lapisan oksida pelindung dari logam. Korosi celah terjadi akibat dari adanya konsentrasi senyawa korosif pada bagian permukaan logam. Untuk kasus ini, konsentrasi terjadi akibat dari adanya celah yang sangat kecil antara dua permukaan logam.

### 3. Korosi sumuran (*pitting corrosion*)

Bentuk dari korosi sumuran ditunjukkan pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Korosi sumuran (Priyotomo, 2008).

Berdasarkan Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa korosi sumuran yaitu korosi yang berbentuk lubang-lubang pada permukaan logam, karena hancurnya film dari

proteksi logam disebabkan oleh laju korosi yang berbeda antara satu tempat dengan tempat lainnya. Kerusakan dimulai akibat komposisi tidak homogen.

#### 4. Korosi retak-tegangan (*stress corrosion cracking*)

Bentuk dari korosi retak-tegangan ditunjukkan pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4.** Korosi retak-tegangan (Priyotomo, 2008).

Korosi retak-tegangan yaitu korosi yang berbentuk retakan-retakan yang tidak mudah dilihat, terbentuk di permukaan logam dan berusaha merembet ke dalam. Korosi ini terjadi pada logam-logam yang banyak mendapatkan tekanan. Hal ini disebabkan kombinasi dari tegangan tarik dan lingkungan yang bersifat korosif sehingga struktur logam melemah.

#### 5. Korosi dwi logam (galvanik corrosion)

Bentuk dari korosi dwi logam ditunjukkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5.** Korosi dwi logam (Priyotomo, 2008).

Korosi dwi logam yaitu jenis korosi yang terjadi antara dua buah logam dengan nilai potensial berbeda saat dua buah logam bersatu dalam suatu elektrolit yang korosif.

#### 6. Korosi erosi (*erosion corrosion*)

Bentuk dari korosi erosi ditunjukkan pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6.** Korosi erosi (Priyotomo, 2008).

Korosi erosi yaitu terjadinya aliran fluida yang cepat dan bersifat korosif pada permukaan logam.

#### 7. Korosi mikroba (*microbiological corrosion*)

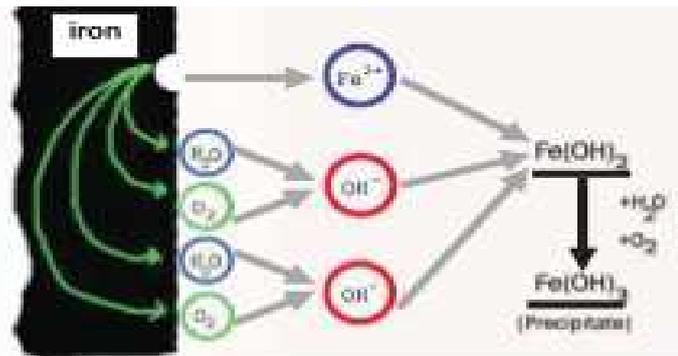
Bentuk dari korosi mikroba ditunjukkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7.** Korosi mikroba (Priyotomo, 2008).

Korosi mikroba yaitu korosi yang terjadi akibat adanya mikroba atau bakteri (*microbially-induced corrosion*).

Secara umum mekanisme terjadinya korosi ditunjukkan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** Mekanisme korosi (Haryono dkk., 2010).

Dari Gambar 2.8 dapat dilihat bahwa peristiwa korosi berawal dari logam yang teroksidasi di dalam larutan dan melepaskan elektron untuk membentuk ion logam Fe yang bermuatan positif. Pada kondisi ini, larutan akan bertindak sebagai katoda dengan reaksi umum yang terjadi adalah pelepasan  $H_2$  dan reduksi  $O_2$  akibat ion  $H^+$  dan  $H_2O$  yang tereduksi. Selanjutnya  $H_2O$  dan  $O_2$  bergabung membentuk  $OH^-$ , lalu ion logam  $Fe^{2+}$  yang bermuatan positif bergabung dengan ion  $OH^-$  menjadi  $Fe(OH)_2$  dan terus bergabung lagi hingga membentuk  $Fe(OH)_3$  yang disebut dengan karat. Reaksi ini terjadi di permukaan logam yang selanjutnya akan mengakibatkan pengikisan akibat pelarutan logam ke dalam larutan secara berulang-ulang.

### C. Laju Korosi

Laju korosi didefinisikan sebagai banyaknya logam yang dilepas tiap satuan waktu pada permukaan tertentu. Laju korosi umumnya dinyatakan dengan satuan *mils per year* (mpy). Satu *mils* setara dengan 0,001 inchi. Untuk mengetahui laju korosi digunakan metode kehilangan berat. Metode ini dilakukan dengan cara mencelupkan material yang telah diukur massa awalnya ke dalam medium korosif. Material yang telah direndam dalam medium korosif selanjutnya diukur

kembali massanya untuk mendapatkan massa akhir. Berdasarkan massa awal dan massa akhir yang didapat maka dapat dihitung kehilangan massa material. Laju korosi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$CR = \frac{K\Delta m}{At\rho} \quad (1)$$

dimana:  $CR$  : Laju korosi (mm/y)                       $t$  : Waktu perendaman (tahun)

$K$  : Konstanta laju korosi                       $A$  : Luas permukaan (mm<sup>2</sup>)

$m$  : Massa yang hilang (gram)                       $\rho$  : Massa jenis (gram/mm<sup>3</sup>)

Besar konstanta laju korosi bergantung dengan satuan laju korosi yang digunakan.

Konstanta laju korosi masing-masing satuan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Konstanta laju korosi pada baja karbon (Giri, 2016).

No	Konstanta Laju Korosi	$K$
1	<i>Mils per year (mpy)</i>	3,45 x 10 <sup>6</sup>
2	<i>Inches per year (inches/y)</i>	3,45 x 10 <sup>3</sup>
3	<i>Milimeter per year (mm/y)</i>	8,76 x 10 <sup>4</sup>
4	<i>Micrometers per year (µm/y)</i>	8,76 x 10 <sup>7</sup>
5	<i>Miligrams per square decimeter per day (mmd)</i>	2,40 x 10 <sup>6</sup> /D

#### D. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Korosi

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses korosi secara umum adalah sebagai berikut.

##### 1. Komposisi dan Struktur Logam

Logam dengan tingkat kemurnian tinggi cenderung tidak mudah terkorosi dibandingkan dengan logam yang sama dengan kemurnian yang rendah. Struktur material juga akan mempengaruhi terjadinya korosi. Kurangnya homogenitas struktur dapat menimbulkan efek-efek galvanis mikro pada material yang

mengakibatkan terjadinya pengurangan. Adanya titik-titik yang tidak sama dengan titik-titik sekitarnya dapat mengakibatkan salah satu bertindak sebagai anoda dan yang lain sebagai katoda. Dalam kondisi seperti ini, material akan lebih reaktif dalam lingkungan elektrolit.

## 2. Lingkungan

Udara mengandung 20% oksigen, nitrogen hampir 80% dan beberapa gas lain, seperti argon, helium, dan neon dengan persentase yang sangat kecil. Adanya oksigen yang terdapat di dalam udara dapat bersentuhan dengan permukaan logam yang lembab. Sehingga kemungkinan terjadi korosi lebih besar. Di dalam air (lingkungan terbuka), adanya oksigen dapat menyebabkan korosi.

## 3. Komposisi dan Konsentrasi Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit adalah air yang mengandung anion dan kation. Beberapa faktor yang mempengaruhi korosifitas suatu larutan elektrolit antara lain:

### a. Konduktivitas

Naiknya konduktivitas suatu larutan, maka daya hantar listrik larutan tersebut akan semakin baik, akibatnya laju korosi lebih cepat terjadi. Adanya ion klorida ( $\text{Cl}^-$ ) dalam elektrolit akan meningkatkan konduktivitas larutan tersebut, sehingga aliran arus korosi akan lebih meningkat.

### b. pH

Kenaikan laju korosi pada logam besi terjadi pada pH di bawah 4 dan di atas 12. Hal ini disebabkan karena pada lingkungan dengan pH tersebut lapisan pelindung pada besi tidak terbentuk.

c. Gas terlarut

Oksigen terlarut akan meningkatkan reaksi katoda sehingga logam akan semakin teroksidasi (terkorosi). Laju korosi dipengaruhi oleh bermacam-macam kondisi fisik yang terdapat dalam suatu gas terlarut, seperti temperatur, tekanan, dan kecepatan alir fluida.

### **E. Inhibitor Korosi**

Suatu inhibitor kimia adalah suatu zat kimia yang dapat menghambat atau memperlambat suatu reaksi kimia (Dalimunthe, 2004). Bekerja secara khusus, inhibitor korosi merupakan suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan tertentu akan dapat menurunkan laju korosi dari logam akibat lingkungan sekitar. Penambahan inhibitor dilakukan dengan jumlah yang sedikit, baik secara kontinu maupun periodik menurut selang waktu tertentu dan laju korosi akan menurun secara drastis atau memberikan efek yang cepat dan baik.

Adapun mekanisme kerja inhibitor sebagai berikut (Dalimunthe, 2004):

1. Inhibitor teradsorpsi pada permukaan logam, dan membentuk suatu lapisan tipis dengan ketebalan beberapa molekul inhibitor. Lapisan ini tidak dapat dilihat oleh mata biasa, namun dapat menghambat penyerangan lingkungan terhadap logamnya.
2. Melalui pengaruh lingkungan (misal pH) menyebabkan inhibitor dapat mengendap dan selanjutnya teradsorpsi pada permukaan logam serta melindunginya terhadap korosi. Endapan yang terjadi cukup banyak, sehingga lapisan yang terjadi dapat teramati oleh mata.

3. Inhibitor lebih dulu mengkorosi logamnya, dan menghasilkan suatu zat kimia yang kemudian melalui peristiwa adsorpsi dari produk korosi tersebut membentuk suatu lapisan pasif pada permukaan logam.
4. Inhibitor menghilangkan kontituen yang agresif dari lingkungannya.

Berdasarkan fungsi, inhibitor terbagi menjadi sebagai berikut:

#### 1. Inhibitor Katodik

Inhibitor katodik dapat memperlambat reaksi katodik suatu logam dan membentuk presipitat di wilayah katoda yang dapat meningkatkan impedansi permukaan sekaligus membatasi difusi pereduksi untuk melindungi logam tersebut.

#### 2. Inhibitor Anodik

Inhibitor anodik dapat memperlambat reaksi elektrokimia di anoda melalui pembentukan lapisan pasif di permukaan logam tersebut sehingga logam terlindungi dari korosi.

#### 3. *Green* Inhibitor

Saat ini pengembangan terhadap *green* inhibitor atau inhibitor alami sangat diperlukan. Inhibitor jenis ini sangat menguntungkan dunia industri dikarenakan harganya yang relatif murah dan pengaplikasiannya yang ramah lingkungan. Efektifitas inhibitor ini sangat bergantung kepada komposisi kimia yang dimilikinya, struktur molekul, dan afinitasnya terhadap permukaan logam. Karena pembentukan lapisan merupakan proses adsorpsi, maka temperatur dan tekanan dalam sistem memegang peranan penting. Inhibitor organik akan teradsorpsi sesuai dengan muatan ion-ion inhibitor dan muatan permukaan.

Untuk menghitung efisiensi penggunaan inhibitor digunakan persamaan berikut:

$$\eta(\%) = \frac{(CR_{uninhibited} - CR_{inhibited})}{CR_{uninhibited}} \times 100\% \quad (2)$$

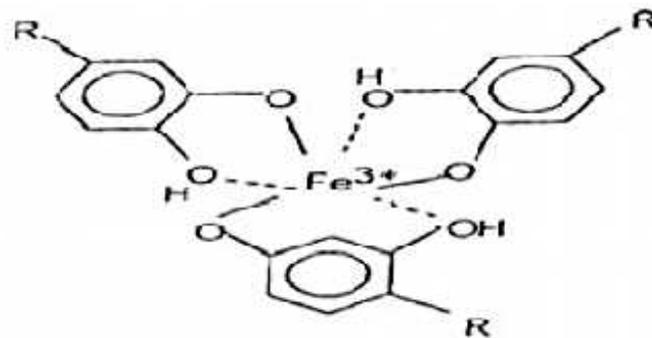
Dimana: = Efisiensi inhibitor (%)

$CR_{uninhibited}$  = Laju korosi tanpa inhibitor (mm/y)

$CR_{inhibited}$  = Laju korosi dengan inhibitor (mm/y).

## F. Tanin

Tanin dinamakan juga asam tanat dan asam galotanat, ada yang tidak berwarna tetapi ada juga yang berwarna kuning atau coklat. Tanin terdiri dari sembilan molekul asam galat dan molekul glukosa. Tanin merupakan senyawa makromolekul golongan polifenol yang bersifat polar sehingga ekstraksi tanin dilakukan menggunakan pelarut polar. Struktur molekul besi (III) dengan tanin dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9.** Struktur molekul besi (III) dengan tanin (Robinson, 1995).

Tanin dapat menghambat korosi karena tanin dapat membentuk senyawa kompleks besi+tanin. Senyawa kompleks yang dibentuk oleh tanin nantinya akan melapisi logam dan berguna untuk menghambat korosi. Besi merupakan logam transisi, salah satu sifat unsur transisi adalah mempunyai kecenderungan untuk membentuk ion kompleks atau senyawa kompleks.

## G. Ekstrak Kulit Buah Maja sebagai Inhibitor Korosi

### 1. Buah Maja (*Aegle marmelos* (L.) Correa)

Buah maja merupakan tanaman dari *famili Rutaceae*, yang penyebarannya tumbuh di dataran rendah hingga ketinggian 500 m. Tumbuhan ini terdapat di negara Asia Selatan dan Asia Tenggara termasuk di Indonesia. Pohon maja mampu tumbuh di lahan basah seperti rawa-rawa maupun di lahan kering dan ekstrim, pada suhu 49 °C pada musim kemarau hingga -7 °C. Bentuk buah maja ditunjukkan pada Gambar 2.10. Sedangkan klasifikasi tumbuhan maja ditunjukkan pada Tabel 2.2.



**Gambar 2.10.** Buah maja (*Aegle marmelos* (L.) Correa).

**Tabel 2.2.** Klasifikasi tumbuhan maja

<i>Kingdom</i>	<i>Plantae</i>
<i>Divisio</i>	<i>Spermatopyta</i>
<i>Class</i>	<i>Dicotyledoneae</i>
<i>Ordo</i>	<i>Sapindales</i>
<i>Family</i>	<i>Rutaceae</i>
<i>Genus</i>	<i>Aegle</i>
<i>Species</i>	<i>Aegle marmelos</i> (L.) Correa

### 2. Kandungan Senyawa Kimia dalam Buah Maja

Buah maja memiliki kandungan minyak atsiri, vitamin C, gula, pati, pectin, dan tanin, sedangkan daunnya mengandung rutasin, aegelin, minyak atsiri dan alkaloid. Buah maja juga mengandung komponen tanin sebesar 9%, sedangkan

pada kulit buah maja mencapai 20% (Chavda *et al.*, 2012). Hasil fraksi heksana yang telah dilakukan menunjukkan bahwa daun tumbuhan maja mengandung senyawa golongan steroid (Salempa, 2014).

### 3. Ekstraksi

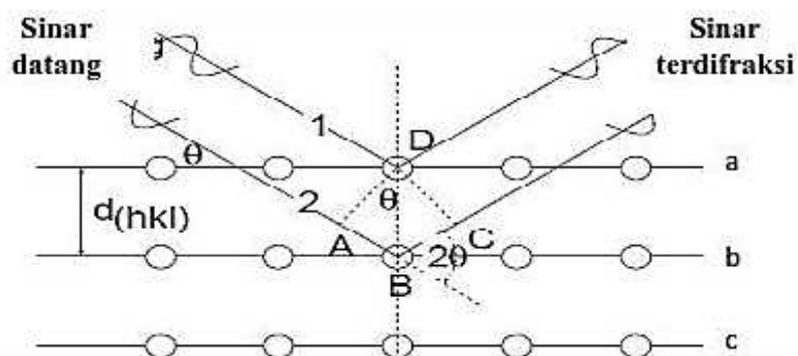
Alur mula untuk mendapatkan senyawa aktif dari suatu tumbuhan adalah proses ekstraksi. Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat berdasarkan perbedaan kelarutannya terhadap dua cairan tidak saling larut yang berbeda. Prinsip ekstraksi adalah melarutkan senyawa polar dalam pelarut polar dan non polar. Secara umum ekstraksi dilakukan secara berturut-turut mulai dengan pelarut non polar (n-heksan) lalu pelarut yang kepolarannya menengah (diklor metan atau etil aasetat) kemudian pelarut yang bersifat polar (metanol atau etanol).

Ekstraksi digolongkan ke dalam dua bagian besar berdasarkan bentuk fasa yang diekstraksi yaitu ekstraksi cair-cair dan ekstraksi cair-padat. Untuk ekstraksi cair-cair dapat menggunakan corong pisah, sedangkan ekstraksi cair-padat terdiri dari beberapa cara yaitu maserasi, perkolasi, dan sokletasi.

Maserasi merupakan proses ekstraksi dengan cara perendaman menggunakan pelarut organik pada suhu ruang. Proses ini sangat menguntungkan dalam proses isolasi senyawa organik bahan alam karena dengan perendaman sampel akan terjadi pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan di dalam dan di luar sel, sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut organik serta struktur senyawa tidak akan mudah rusak.

## H. X-Ray Diffraction (XRD)

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Rontgen pada tahun 1895. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang ( $\lambda$  0,1 nm) yang lebih pendek dibanding gelombang cahaya ( $\lambda = 400-800$  nm). Panjang gelombang sinar-X ini merupakan dasar digunakannya teknik difraksi sinar-X untuk mengetahui struktur mikroskopis suatu bahan. Metode difraksi sinar-X memegang peran yang sangat penting untuk analisis padat kristalin, yaitu untuk meneliti ciri utama struktur (parameter kisi dan tipe struktur), dan untuk mengetahui rincian lain misalnya susunan berbagai jenis atom dalam kristal, keberadaan cacat, ukuran butiran, orientasi, ukuran, dan kerapatan presipitat. Oleh karena pola difraksi untuk tiap unsur spesifik, maka metode ini sangat akurat untuk menentukan komposisi unsur dan senyawa yang terkandung dalam suatu sampel. Pola difraksi sinar-X oleh bidang atom ditunjukkan pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11.** Difraksi sinar-X oleh bidang atom (Cullity, 1978).

Dari Gambar 2.11 dapat dilihat bila seberkas sinar-X dengan panjang gelombang  $\lambda$  diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut datang  $\theta$ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang atom kristal dan menghasilkan puncak-puncak difraksi yang dapat diamati dengan peralatan difraksi sinar-X (Cullity, 1978). Dalam percobaan Bragg, sinar-X yang menembus kristal dianggap sedang

direfleksi oleh lapisan partikel-partikel yang berulang-ulang dalam zatnya seperti pada Gambar 2.11. Bragg menunjukkan bahwa untuk melihat adanya intensitas pada sinar-X yang keluar, suatu hubungan yang relatif sederhana harus dipenuhi. Hubungan ini yang dikenal sebagai persamaan Bragg yaitu:

$$2d \sin\theta = n\lambda \quad (3)$$

Dimana  $d$  adalah ruang antara lapisan yang berulang yang memantulkan sinar-X,  $\theta$  adalah sudut dimana sinar-X masuk dan keluar dari lapisan-lapisan bersangkutan,  $\lambda$  adalah panjang gelombang dari sinar-X, dan  $n$  adalah bilangan bulat ( $n = 1, 2, 3$ , dan seterusnya). Persamaan Bragg ini berguna sebagai dasar untuk mempelajari struktur kristal dengan cara difraksi oleh sinar-X

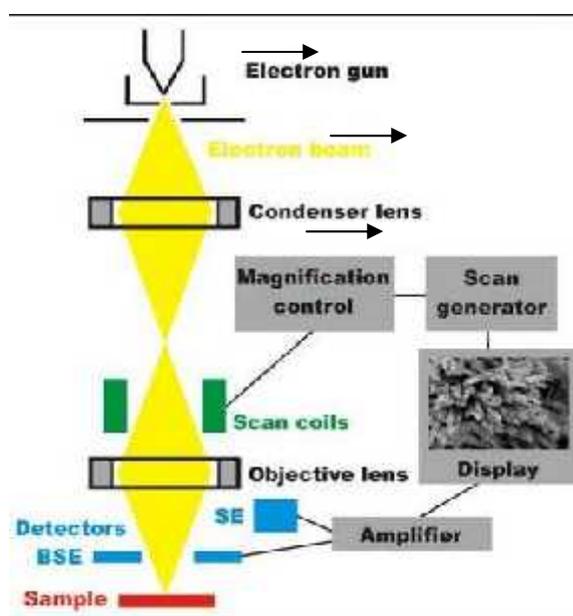
Analisis hasil XRD data dilakukan dengan dua cara, yaitu secara manual dengan menggunakan data index hannawalt maupun dengan bantuan software X Powder. Analisis secara manual dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu nilai  $d_{hkl}$  dari data  $I$  vs  $2\theta$  hasil XRD dengan menggunakan persamaan Bragg. Kemudian memasang nilai  $d_{hkl}$  dengan intensitasnya lalu mencocokkan data tersebut dengan data referensi yang ada di buku panduan untuk mengetahui jenis senyawa yang dikarakterisasi.

### **I. SEM-EDS (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Spectroscopy*)**

SEM adalah salah satu alat yang digunakan untuk menganalisis struktur mikro, topografi dan morfologi secara detail dari berbagai material. SEM dilengkapi dengan mikroskop optik yang digunakan untuk mempelajari tekstur, topografi, dan sifat permukaan bubuk atau padatan dan karena ketajaman fokus dari alat

SEM tinggi maka gambar yang dihasilkan memiliki kualitas tiga dimensi yang pasti.

SEM memiliki resolusi yang sangat tinggi, dilengkapi dengan system pencahayaan dengan menggunakan radiasi elektron yang mempunyai daya pisah dalam ukuran 1-200 Angstrom, sehingga dapat difokuskan dalam bentuk titik yang sangat kecil atau dengan perbesaran 100.000 kali. Skema alat SEM ditunjukkan pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** Skema SEM (Reed, 1993).

Dari Gambar 2.12 diketahui bahwa cara kerja SEM yaitu *electron gun* (pistol elektron) yang dilengkapi dengan filamen tungsten berfungsi untuk menembakkan elektron yang dihasilkan dari adanya beda potensial. Elektron kemudian menumbuk benda kerja dan ketika menumbuk terjadi interaksi antara *primary electron* (electron primer) dengan sampel sehingga menghasilkan sinar-X dan elektron. Hasil interaksi yang keluar dari dalam material ditangkap oleh tiga detektor.

1. Detektor SE : menangkap *secondary electrons* (elektron sekunder) dan menghasilkan gambar
2. Detektor BSE : menangkap *backscattered electrons* dan menghasilkan gambar sesuai perbedaan kontras berdasarkan perbedaan berat massa atom
3. Detektor *X-ray* : identifikasi unsur kimia yang terdapat dalam material

SEM dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) yang dapat menentukan unsur dan analisis komposisi kimia. Bila suatu berkas elektron ditembakkan atau dikenai pada sampel akan terjadi interaksi berupa elektron yang keluar dari atomnya, maka elektron tersebut mempunyai tingkat energi lebih rendah dari yang lain. Hal ini menyebabkan atom menjadi kurang stabil, sedangkan suatu atom mempunyai kecenderungan ingin menjadi stabil. Oleh karena itu, elektron yang mempunyai tingkat energi yang lebih tinggi akan turun (transisi) ke tingkat yang lebih rendah.

Kelebihan energi yang dilepas pada waktu transisi adalah dalam bentuk sinar-X. Karena beda tingkat energi untuk suatu atom tertentu, maka sinar-X yang dihasilkan oleh suatu atom tersebut juga mempunyai energi tertentu dan ini disebut sinar-X karakteristik. Energi pancaran elektron dalam bentuk sinar-X akan dideteksi dan dihitung oleh EDS dan akan dihasilkan keluaran berupa grafik puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur terkandung.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Juli 2018 di Laboratorium Material Universitas Lampung, Laboratorium Kimia Organik Universitas Lampung, Laboratorium Teknik Permesinan SMK Negeri 2 Bandar Lampung, Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro, dan Laboratorium Jurusan Fisika FMIPA Universitas Padang.

#### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **1. Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat pemotong baja untuk memotong baja sesuai dengan ukuran yang digunakan, kertas amplas untuk memperhalus permukaan baja, neraca digital untuk mengukur massa baja, pisau untuk memotong kulit buah maja, tampah sebagai tempat untuk menjemur kulit buah maja yang telah dipotong, blender untuk menghancurkan kulit buah maja menjadi bubuk, gelas kaca sebagai tempat perendaman baja, gelas ukur untuk mengukur volume larutan, benang untuk menggantung baja agar tidak menempel dengan tempat perendaman, lakban untuk menempelkan benang pada tempat perendaman, dan plastik *wrapping* untuk menutup tempat perendaman agar tidak terkontaminasi dengan lingkungan sekitar. Sementara itu, alat-alat yang

digunakan untuk karakterisasi adalah XRD untuk karakterisasi struktur fasa baja dan SEM-EDS untuk karakterisasi morfologi baja dan senyawa yang terkandung di dalam baja.

## **2. Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah maja (*Aegle marmelos (L.) correa*) sebagai bahan dasar inhibitor, baja karbon rendah (AISI 1020) sebagai sampel pengkorosian, natrium klorida (NaCl) sebagai medium pengkorosi, dan akuabides untuk membuat larutan NaCl.

## **C. Prosedur Penelitian**

Prosedur pada penelitian ini dibagi menjadi empat tahap yaitu, preparasi bahan penelitian yang terdiri dari pembuatan inhibitor ekstrak kulit buah maja, preparasi sampel baja AISI 1020, dan pembuatan medium korosif NaCl, selanjutnya tahap perendaman baja AISI 1020, perhitungan laju korosi dan karakterisasi baja AISI 1020 setelah perendaman, dan analisis data.

### **1. Preparasi Bahan Penelitian**

Tahap preparasi bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **a. Pembuatan Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Maja**

Tahapan pembuatan inhibitor ekstrak kulit buah maja yaitu:

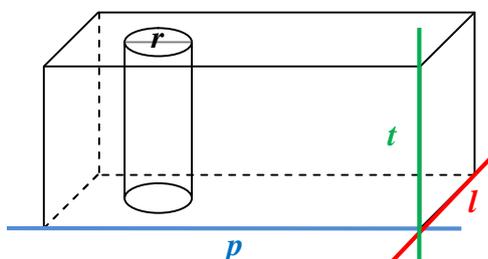
- 1) Menyiapkan kulit buah maja, kemudian potong menjadi ukuran kecil, dan jemur di bawah sinar matahari selama 2 minggu.
- 2) Mengoven kulit buah maja yang telah dijemur pada suhu 100 °C selama 8 jam.

- 3) Kulit buah maja yang telah kering kemudian diblender hingga menjadi serbuk.
- 4) Mengekstrak bubuk kulit buah maja dengan metode maserasi, yaitu dengan cara memasukkan bubuk kulit buah maja sebanyak 440 gram ke dalam botol yang berisi etanol 96% sebanyak 2 liter selama 1 hari.
- 5) Menyaring hasil perendaman menggunakan kertas saring sehingga diperoleh filtrat.
- 6) Kemudian menguapkan filtrat menggunakan mesin *rotary evaporator* dengan kecepatan 200 rpm dan suhu 45-50 °C hingga dihasilkan ekstrak pekat.

#### b. Preparasi Sampel Baja

Preparasi sampel baja dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Memotong baja karbon AISI 1020 dengan panjang 8 mm, lebar 8 mm, dan tebal 5 mm.
- 2) Membersihkan baja dan menghaluskan permukaannya menggunakan kertas amplas.
- 3) Menimbang baja menggunakan neraca digital untuk mengetahui massa awal baja.
- 4) Ilustrasi sampel baja AISI 1020 dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Ilustrasi sampel baja AISI 1020.

Keterangan :  $p$  = panjang baja

$t$  = tinggi baja

$l$  = lebar baja

$r$  = jari-jari lubang

### c. Pembuatan Medium Korosif

Medium korosif adalah larutan yang dapat mengakibatkan terjadinya korosi. Medium korosif pada penelitian ini adalah NaCl 3%. Cara pembuatan NaCl 3% yaitu dengan mencampurkan 3 gram NaCl ke dalam 100 ml akuabides.

## **2. Perendaman Baja**

Dalam tahap perendaman ini ada dua sampel yang digunakan ditiap variasi waktu perendaman. Satu sampel pada medium korosif NaCl 3% yang telah diberi inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8%, dan satu sampel pada medium korosif NaCl 3% tanpa diberi inhibitor ekstrak kulit buah. Perendaman dilakukan selama 5, 15, 25, 35, dan 45 hari.

## **3. Perhitungan Laju Korosi**

Perhitungan laju korosi dilakukan menggunakan metode kehilangan berat yaitu dengan cara menimbang terlebih dahulu massa awal sampel sebelum direndam kemudian menimbang massa akhir sampel setelah direndam. Lalu hasil pengurangan massa awal dengan massa akhir dimasukkan ke dalam perhitungan menggunakan persamaan (1) dengan konstanta laju korosi yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

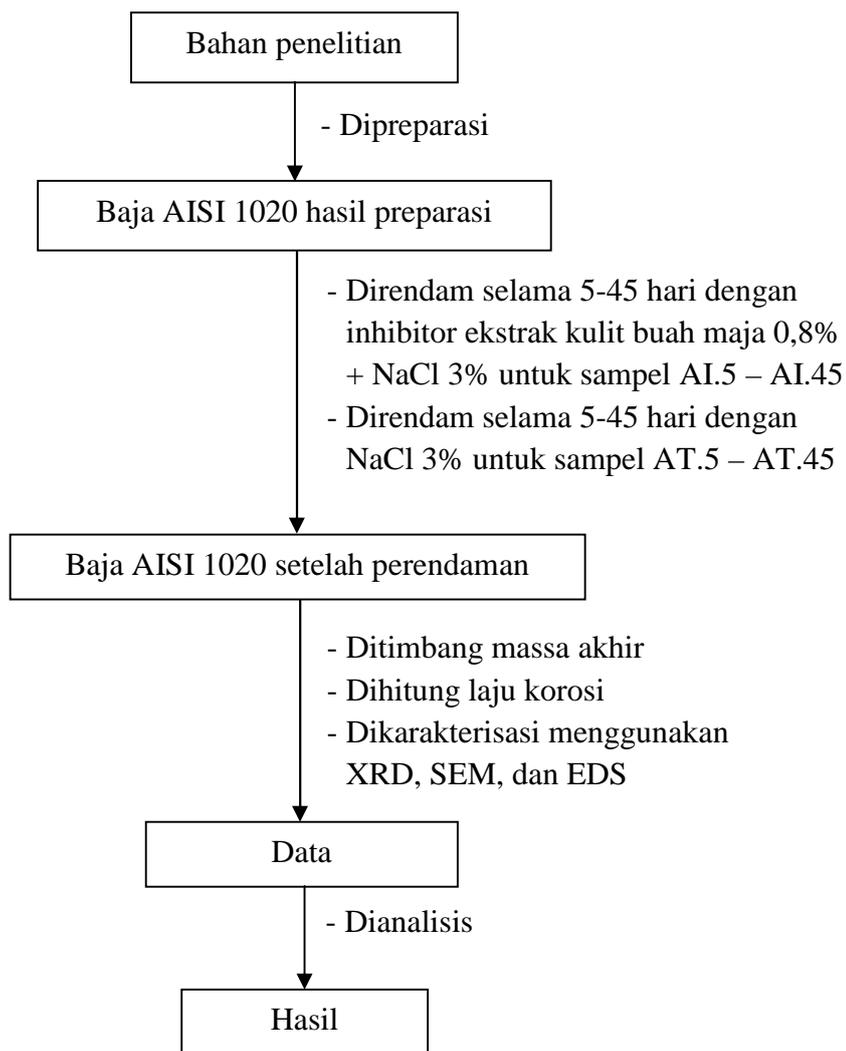
## **4. Karakterisasi dan Analisa Data**

Sampel baja yang telah mengalami korosi kemudian diuji menggunakan XRD untuk karakterisasi struktur fasa baja, SEM-EDS untuk karakterisasi morfologi baja dan senyawa yang terkandung di dalam baja. Sampel yang diuji yaitu sampel yang direndam dengan diberi inhibitor pada variasi waktu perendaman 25, 35,

dan, 45 hari. Sedangkan untuk sampel yang direndam tanpa diberi inhibitor digunakan sampel yang telah direndam selama 45 hari.

#### D. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar diagram alir pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2.** Diagram alir penelitian.

### E. Kode–kode Sampel

Kode sampel yang digunakan untuk memudahkan penamaan dan analisis data ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Kode sampel penelitian

No	Kode Sampel	Keterangan
1.	AI.5	Inhibitor 0,8% waktu perendaman 5 hari
2.	AI.15	Inhibitor 0,8% waktu perendaman 15 hari
3.	AI.25	Inhibitor 0,8% waktu perendaman 25 hari
4.	AI.35	Inhibitor 0,8% waktu perendaman 35 hari
5	AI.45	Inhibitor 0,8% waktu perendaman 45 hari
6.	AT.5	Tanpa inhibitor waktu perendaman 5 hari
7.	AT.15	Tanpa inhibitor waktu perendaman 15 hari
8.	AT.25	Tanpa inhibitor waktu perendaman 25 hari
9.	AT.35	Tanpa inhibitor waktu perendaman 35 hari
10.	AT.45	Tanpa inhibitor waktu perendaman 45 hari

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan inhibitor ekstrak kulit buah maja sebesar 0,8% dapat menurunkan laju korosi pada perendaman selama 5, 15, 25, 35, dan 45 hari dengan penurunan laju korosi berturut-turut yaitu 7634,7 mm/y menjadi 5487,9 mm/y, 9140,8 mm/y menjadi 4686,1 mm/y, 9511,3 mm/y menjadi 3622,7 mm/y, 11133,9 mm/y menjadi 3045,3 mm/y, dan 12269,3 mm/y menjadi 3828,7 mm/y.
2. Efisiensi inhibitor yang digunakan selama 5, 15, 25, dan 35 hari meningkat seiring lama waktu perendaman, dengan besar efisiensi berturut-turut yaitu 28,1%, 48,7%, 61,9%, dan 72,6%, sementara pada perendaman selama 45 hari efisiensi inhibitor turun menjadi 68,8%.
3. Hasil karakterisasi XRD memperlihatkan bahwa fasa yang terbentuk pada sampel yang diberi inhibitor adalah Fe murni, sedangkan pada sampel tanpa diberi inhibitor selain fasa Fe juga terbentuk fasa  $Fe_3O_4$  karena sampel kurang maksimal menahan interaksi dengan oksigen. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan mikro struktur permukaan sampel setelah direndam yaitu terdapat retakan, lubang, dan gumpalan yang mengindikasikan bahwa sampel telah mengalami korosi dan untuk hasil karakterisasi EDS, pada sampel yang telah direndam terdapat produk korosi berbentuk senyawa Fe dan O yang besarnya semakin meningkat ditiap waktu perendaman.

**B. SARAN**

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan perendaman dalam medium korosif yang berbeda dengan konsentrasi yang lebih bervariasi dan logam yang berbeda untuk membandingkan laju korosi, produk korosi, dan jenis korosi yang dihasilkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, R.Y. 2018. Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica Papaya L*) sebagai Inhibitor pada Baja Karbon AISI 1020 dalam Medium Korosif NaCl 3%. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Ali, F., Saputri, D., dan Nugroho, R.F. 2014. Pengaruh Waktu Perendaman dan Konsentrasi Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium guajava*, Linn) sebagai Inhibitor terhadap Laju Korosi Baja SS 304 dalam Larutan Garam dan Asam. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 20. No. 1. Pp. 28-36.
- ASM Handbook. 1993. *Properties and Selection : Iron Steel and High Performance Alloys. Tenth Edition*. Metals Handbook. United States of America. Pp. 249-257.
- Bundjali, B.N., Surdia, M., Liang, B.N., dan Bambang. 2006. Pelarutan Besi Selektif pada Korosi Baja Karbon dalam Larutan Buffer Asetat, Natrium Bikarbonat-CO<sub>2</sub> Jenuh. *Journal Of Science*. Vol. 38A. Pp. 149-161.
- Chavda, N., Mujapara, A., Mehta, S.K., dan Dodia, P.P. 2012. Primary Identification of Certain Phytochemical Constituents of *Aegle Marmelos* (L.) Corr-Serr Responsible for Antimicrobial Activity Against Selected Vegetables and Clinical Pathogen. *International Journal Of Physical And Social Sciences*. Vol. 2. Pp. 194-196.
- Cullity, B.D. 1978. *Elements of X-Rays Diffraction. Second Edition*. Addison-Wesley Publishing Company Inc. United State Of America. Pp. 187-190.
- Dalimunthe, I.S. 2004. *Kimia dari Inhibitor Korosi*. Universitas Sumatera Utara. Medan. Pp. 45-48.
- Giri, A.S. 2016. Efektivitas Ekstrak Daun Sirsak sebagai Inhibitor pada Baja Karbon API 5L dalam Larutan NaCl 3%. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Handani, S. dan Elta, M.S. 2012. Pengaruh Inhibitor Ekstrak Daun Pepaya terhadap Korosi Baja Karbon Schedule 40 Grade B ERW dalam Medium Air Laut dan Air Tawar. *Jurnal Riset Kimia*. Vol. 5. No. 2. Pp. 175-179.

- Haryono, G., Sugiarto, B., Farid, H., dan Tanoto Y. 2010. Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*. Pp. 1-6.
- Hidayat, I.F.dan Sumarji. 2016. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Maja terhadap Laju Korosi Baja Karbon A53 dengan Media Air Laut. *Jurnal Rotor*. Vol. 9. No. 1. Pp. 24-28.
- Idris, R.R. 2016. Efektivitas Daun Sukun (*Artocarpus altilis*) dalam Menghambat Laju Korosi Kawat Ortodonsi Berbahan Stainless Steel. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Irianty, R.S. dan Sembiring, M.P. 2012. Pengaruh Konsentrasi Inhibitor Ekstrak Daun Gambir dengan Pelarut Etanol-Air terhadap Laju Korosi Besi pada Air Laut. *Jurnal Riset Kimia*. Vol. 5. No. 2. Pp. 165-174.
- Lebrini, M., Robert, F., dan Roos, C. 2010. Inhibition Effect of Alkaloid Extract from *Annona Squamosa* Plant on The Corrosion of C38 Steel in Normal Hydrochloric Acid Medium. *International Journal Of Electrochemical Science*. Vol. 5. Pp. 1698-1712.
- Nugroho, A. 2011. Pengaruh Penambahan Inhibitor Organik Ekstrak Ubi Ungu terhadap Laju Korosi pada Material Baja Low Carbon di Lingkungan NaCl 3%. *Skripsi*. Universitas Indonesia. Depok.
- Okafor, P.C., Ebenso, E.E., dan Ekpe, U.J. 2010. *Azadirachta Indica* Extracts as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in Acid Medium. *International Journal Of Electrochemical Science*. Vol. 5. Pp. 978-993.
- Priyotomo, G. 2008. *Kamus Saku Korosi Material*. Metalurgi LIPI. Tangerang. Pp. 4-14.
- Rasitiani, A. 2018. Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Kulit Buah Maja terhadap Laju Korosi Baja Karbon Api 5l dengan Media Nacl 3,5% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3%. *Skripsi*. Universitas Lampung.
- Reed, S. J. B. 1993. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press. Florida. Pp. 23-24.
- Salempa, P. 2014. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak n-Heksan Daun Tumbuhan Maja (*Aegle marmelos* Linn.). *Jurnal Sains Matematika*. Vol. 3. No. 2. Pp. 185-190.
- Saratha, R., Priya, S.V., dan Thilagavathy, P. 2009. Investigation of Citrus *Aurantiifolia* Leaves Extract as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1 M HCl. *Journal Of Chemistry*. Vol. 6. No. 3. Pp. 785-795.

- Saratha, R. dan Vasudha, V.G. 2010. Emblica Officinalis (Indian Gooseberry) Leaves Extract as Corrosion Inhibitor for Mild Steel in 1 N HCl Medium. *Journal Of Chemistry*. Vol. 7. No. 3. Pp. 677-684.
- Sari, D.M., Handani, S., dan Yetri, Y. 2013. Pengendalian Laju Korosi Baja St-37 dalam Medium Asam Klorida dan Natrium Klorida menggunakan Inhibitor Ekstrak Daun Teh (Camelia sinensis). *Jurnal Poli Rekayasa*. Vol. 8. No. 2. Pp. 76-85.
- Smallman, R.E. dan Bishop, R.J. 2000. *Modern Physical Metallurgy and Material Engineering*. Butterworth-Heinemann. Oxford. Pp. 34-35.
- Supardi, R. 1997. *Korosi Edisi Pertama*. Tarsito. Bandung. Pp. 56-58.
- Supriadi, H. 2010. Studi Eksperimental tentang Pengaruh Variasi Rapat Arus pada Hard Chrome Elektroplating terhadap Karakterisasi Permukaan Baja Karbon Rendah. *Jurnal Mechanical*. Vol. 1. No. 1. Pp. 1-6.
- Surdia, T. dan Saito, S. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Pradya Paramita. Jakarta. Pp. 69-86.
- Triastuti, W.E. dan Purwanto ,D.B. 2012. Efek Penambahan Ion Tartrate terhadap Elektrodeposisi Mn-Cu pada Pipa Baja Karbon. *Jurnal Kapal*. Vol. 9. No. 3. Pp. 167-170.
- Trethewey, K.R dan Chamberlain, J. 1991. *Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Pp. 27-28.
- Turnip, L., Hardani, S., dan Mulyadi, S. 2015. Pengaruh Penambahan Inhibitor Ekstrak Kulit Buah Manggis terhadap Penurunan Laju Korosi Baja St-37. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 4. No. 2. Pp. 144-149.
- Wahyuni, M., Djamas, D., dan Ratnawulan. 2013. Pengaruh Waktu Perendaman Baja dengan Ekstrak Buah Pinang dan HCl Terhadap Laju Korosi dan Potensial Logam. *Jurnal Pillar Of Physics*. Vol. 2. Pp. 59-67.